

SIFAT FIZIKAL DAN KEUPAYAAN MEKANIKAL KONKRIT CAMPURAN
ABU KULIT KUPANG (*PERNA VIRIDIS*) SEBAGAI BAHAN TAMBAH

NURUL NABILAH BINTI ISMAIL

Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam

Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

JULAI 2019

“Special dedication to my dearest parents (Ismail bin Abdul Kadir and Fatimah binti K. Arnankutty), my dearest husband (Khalilul Rahman bin Mohamad), my dearest siblings brother (Mohd Mansor bin Ismail), sisters (Nurul Nadia binti Ismail and Nurul Natasha binti Ismail), brother in law (Ahmad Syafiq bin Mohamad), sister in law (Zuhaidah binti Abu Bakar), my gifted mom (Khadijah binti Mohd Koya), my dearest nephew (Muhammad Ziyaad Fais, Aisy Nazran and Ariq Nazhan), my dearest family-in law (Mohamad bin Kunjipookar, Zaiton binti Musa, Nazrul Imran Zain and Taqiyah Azlifa) and all of my family for their love, du’a and encouragement.

Special thanks to my friend (Muhammad Shabery bin Sainudin and Muhammad Hasif bin Hussin), my Samion Girls, my Mak Jemah, my Kesayangan, all of my friends and lecturer (Dr Nor Hazurina binti Othman, Dr Goh Wann Inn, Dr Shahiron bin Shahidan, Dr Siti Radziah binti Abdullah, Puan Norhafizah binti Salleh, Prof Madya Dr Norhazilan bin Md Noor) for all you care, support, comment and best wishes”

PENGHARGAAN

Bissmillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah. Bersyukur ke hadrat Allah S.W.T kerana memberi keizinan untuk menyempurnakan penyelidikan sarjana ini. Penyelidikan sarjana ini disediakan untuk Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar yang pada dasarnya untuk pelajar jurusan penyelidikan untuk menyelesaikan program yang membawa kepada penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam

Pertama, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Dr Nor Hazurina binti Othman, pensyarah di Jabatan Struktur dan Bahan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia dan juga selaku penyelia saya yang telah memberi panduan serta tunjuk ajar sewaktu menyelesaikan penyelidikan ini. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pensyarah dan kakitangan Jabatan Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar atas kerjasama yang telah memberikan maklumat, cadangan dan panduan berharga dalam penyusunan dan penyediaan penyelidikan sarjana ini .

Terima kasih dan penghargaan kepada ibu bapa, suami dan keluarga atas memberi dorongan dan sokongan semasa penyelesaian penyelidikan sarjana ini dari awal hingga akhir. Juga terima kasih kepada semua rakan-rakan yang telah menyokong dan membantu semasa kemajuan penyelidikan sarjana ini sehingga selesai sepenuhnya.

Akhirnya, terima kasih kepada yang terlibat secara langsung atau tidak langsung di dalam penyelidikan sarjana ini. Perhatian, bimbingan, dedikasi dan kebaikan telah menjadikan perjalanan saya penuh dengan keseronokan, pengalaman, dan semangat dalam menyelesaikannya.

ABSTRAK

Matlamat SDGs selari dengan inisiatif RMK-11 iaitu pengaplikasian teknologi hijau di dalam pembinaan infrastruktur yang mampan, berkonsepkan lestari dan pemuliharaan alam sekitar. Kajian ini memfokuskan kulit kupang yakni limpahan sisa akuakultur yang tidak diurus dengan tepat untuk dijadikan bahan tambah di dalam campuran konkrit bagi meningkatkan nilai kulit kupang dan keupayaan konkrit campuran bagi memacu infrastruktur yang lestari. Kupang yang telah di proses menjadi abu di tambah di dalam konkrit sebanyak 1%, 2%, 3% dan 4% dan melalui proses pengawetan air biasa selama 7, 28 dan 60 hari dengan sasaran gred 30MPa. Penyelidikan ini memfokuskan beberapa ujian pencirian bahan iaitu sifat-sifat fizikal (graviti tentu, masa pengerasan dan serakan saiz partikel), dan kimia (*X-Ray Powder Diffraction*), morfologi partikel (*Scanning Electron Microscope*), keupayaan konkrit (kebolehkerjaan, kekuatan mampatan, kekuatan tegangan dan serapan kapilari air dan analisis statistik (korelasi dan signifikan). Dapatan sifat-sifat fizikal abu kulit kupang mendapati kulit kupang lebih halus (saiz diameter purata $8.284\mu\text{m}$) dan ringan (nilai graviti tentu 2.52) berbanding simen Portland biasa memberi kelebihan di dalam masa pengerasan, kebolehkerjaan dan serapan kapilari. Bagi nilai keupayaan konkrit mampatan, tegangan dan serapan kapilari air konkrit campuran 2% abu kulit kupang adalah lebih baik berbanding konkrit campuran yang lain. Selain itu, tempoh pengawetan 7, 28 dan didapati tiada perbezaan yang signifikan ($p > 0.025$) bagi konkrit campuran 2%. Berdasarkan dapatan kajian abu kulit kupang mempunyai potensi sebagai bahan tambah yang menghasilkan konkrit berkekuatan awal dan berkeupayaan tinggi. Penyelidikan ini menambah pengetahuan bahan pembinaan, meningkatkan nilai kulit kupang serta memastikan infrastruktur berkonsepkan kehidupan lestari dan pemeliharaan alam sekitar di dalam matlamat SDGs dan dasar RMK-11 dicapai.

ABSTRACT

SDGs theme are in line with RMK-11 thrust which are applying green technology in construction for a resilient infrastructure, sustainable concept and environmental conservation. This study focusses on the utilization of green mussel shells, which comes from unmanaged aquaculture residues to be used as admixture in concrete mixes to enhance the value of green mussel shell and pursuing sustainable infrastructure. Green mussel shell, which were mix as an admixture as 1%, 2%, 3%, and 4%. The concrete specimens were water-cured for 7, 28, and 60 days respectively with the target strength of 30MPa. This research also focused on material characterization in term of physical properties (specific gravity, setting time analysis and the particle size distribution), chemistry (X-Ray Powder Diffraction), morphology image (Scanning Electron Microscope), capability of concrete (compressive strength, tensile strength, and capillary absorption) and inferential analysis (correlation and significant). Physical properties result of green mussel shell ash indicated that green mussel shell ash more fine (average diameter size 8.284 μ m) and lightweight (specific gravity value 2.52) than Ordinary Portland cement in setting time, workability and water capillary absorption. Compressive strength, split tensile and water capillary absorption showed 2% of green mussel shell ash result better than other mixed concrete. Besides that, curing period 7 and 28 days indicated there was no significant difference ($p > 0.025$) on an admixture of 2%. Based on the findings, green mussel shell ash has the potential as an admixture that produces early strength and high capability of concrete. This research generate new knowledge of construction material, enhance the value of green mussel and ensure that the concept of sustainable living and environmental preservation in SDGs goals and RMK-11 thrust was achieved.

ISI KANDUNGAN

TAJUK	i
DEKLARASI	ii
DEDIKASI	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xiv
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
SENARAI LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Latar belakang kajian	1
1.2 Pernyataan masalah	4
1.3 Objektif kajian	6
1.4 Skop kajian	6
1.5 Kepentingan kajian	7
1.6 Susun atur tesis	8
BAB 2 SOROTAN KEPUSTAKAAN	10
2.1 Pengenalan	10
2.2 <i>Sustainable Development Goals</i> dan Rancangan Malaysia Kesebelas	10

2.3	Konkrit	13
2.4	Bahan dalam konkrit	14
2.4.1	Bahan tambah dalam konkrit	16
2.5	Sisa buangan	18
2.5.1	Kajian penggunaan bahan tambah atau gantian dari sisa buangan dalam konkrit	20
2.6	Kupang	23
2.6.1	Biologi dan fizikal kupang	24
2.6.2	Kandungan mineral di dalam kulit kupang	28
2.6.3	Mikrostruktur kulit kupang	31
2.6.4	Kesan sisa buangan kulit kupang	32
2.7	Penggunaan pelbagai jenis kulit moluska dalam konkrit	34
2.7.1	Kekuatan mampatan dan kekuatan tegangan	34
2.7.2	Kebolehkerjaan	40
2.7.3	Serapan kapilari air	42
2.7.4	Ciri-ciri mikrostruktur	43
2.7.5	Struktur kristal	48
2.8	Rumusan	51

BAB 3 METODOLOGI KAJIAN **54**

3.1	Pengenalan	54
3.2	Penyediaan sampel konkrit	56
3.2.1	Simen	56
3.2.2	Agregat	56
3.2.3	Kulit kupang	57
3.2.4	Air	59
3.3	Rekabentuk campuran konkrit	59
3.3.1	Penyediaan spesimen konkrit	61

3.4	Pencirian bahan	62
3.4.1	Sifat –sifat fizikal	63
3.4.2	Struktur kristal abu kulit kupang	70
3.4.3	Morfologi partikel	72
3.5	Kaedah ujian konkrit basah	75
3.6	Kaedah ujian konkrit keras	76
3.6.1	Kekuatan mampatan	76
3.6.2	Kekuatan tegangan	77
3.6.3	Serapan kapilari air	78
3.7	Analisis inferensi	79
3.7.1	Analisis korelasi	80
3.7.2	Analisis signifikan	81
3.7.3	Data statistik yang dicadangkan	82
3.8	Rumusan	84
BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN		86
4.1	Pengenalan	86
4.2	Sifat-sifat fizikal	86
4.2.1	Graviti tentu	87
4.2.2	Masa pengerasan	88
4.2.3	Serakan partikel	89
4.2.4	Struktur kristal	91
4.2.5	Morfologi partikel	99
4.3	Analisis ujian konkrit basah	105
4.4	Analisis ujian konkrit keras	107
4.4.1	Kekuatan mampatan	107
4.4.2	Kekuatan tegangan	110
4.4.3	Serapan kapilari air	112

4.5	Rumusan	114
-----	---------	-----

BAB 5 ANALISIS STATISTIK **116**

5.1	Pengenalan	116
5.2	Korelasi	116
5.2.1	Hubungkait antara kekuatan mampatan dan kekuatan tegangan	117
5.2.2	Hubungkait antara kekuatan mampatan dan serapan kapilari air	118
5.2.3	Hubungkait antara kekuatan tegangan dan serapan kapilari air	120
5.3	Signifikan	121
5.3.1	Kekuatan mampatan	121
5.3.2	Kekuatan tegangan	123
5.3.3	Serapan kapilari air	125
5.4	Rumusan	127

BAB 6 KESIMPULAN DAN PENYELIDIKAN LANJUTAN **130**

6.1	Kesimpulan	130
6.2	Sifat-sifat fizikal dan kimia serta morfologi struktur abu kulit kupang	131
6.3	Ciri-ciri fizikal dan mekanikal konkrit campuran abu kulit kupang	131
6.4	Hubungkait kekuatan konkrit campuran abu kulit kupang menggunakan analisis inferensi	132
6.5	Rumusan akhir	133
6.6	Penyelidikan lanjutan	133

RUJUKAN	135
LAMPIRAN	148



SENARAI JADUAL

2.1	Jenis bahan tambah sebatian kimia (Gambhir, 2013)	17
2.2	Kajian penggunaan sisa buangan di dalam konkrit sebagai bahan gantian atau bahan tambah	21
2.3	Sifat fizikal kulit kupang	27
2.4	Jumlah pengeluaran kupang mengikut tahun di Malaysia (Jabatan Perikanan Malaysia, 2018)	28
2.5	Komposisi kimia sisa moluska berbanding simen Portland biasa	30
2.6	Penggunaan pelbagai jenis moluska dalam konkrit	36
2.7	Keputusan kekuatan mampatan konkrit campuran peratus kulit kerang yang berbeza (Olivia et al., 2015)	37
2.8	Keputusan ujian kebolehkerjaan bagi konkrit campuran kulit kerang pada peratus yang berbeza (Ariyanto et al., 2013)	42
2.9	Ringkasan bentuk kristal SEM konkrit	44
3.1	Kuantiti bahan bagi bancuhan konkrit jenis kiub	60
3.2	Kuantiti bahan bagi bancuhan konkrit jenis silinder	60
3.3	Jumlah sampel yang digunakan dalam penyelidikan ini	62
3.4	Skala pekali korelasi (Hanlon & Larget, 2011)	81
3.5	Hipotesis serta ujian statistik yang dicadangkan bagi analisis korelasi	83
3.6	Hipotesis serta ujian statistik yang dicadangkan bagi analisis signifikan	84
4.1	Nilai graviti tentu bagi simen Portland biasa dan abu kulit kupang	87
4.2	Masa pengerasan awal dan akhir bagi simen dan abu kulit kupang	88

4.3	Peratus kumulatif serakan partikel simen Portland biasa dan abu kulit kupang	91
4.4	Komposisi mineral yang terdapat di dalam simen Portland biasa dan simen campuran abu kulit kupang serta abu kulit kupang	99
4.5	Nilai keruntuhan bagi konkrit kawalan dan konkrit mengandungi abu kulit kupang	106
4.6	Rumusan sifat-sifat fizikal abu kulit kupang dan simen Portland biasa	114
4.7	Rumusan analisis ujian konkrit keras	115
5.1	Pekali hubungan linear di antara kekuatan mampatan dan kekuatan tegangan	118
5.2	Pekali hubungan linear di antara serapan kapilari air dan kekuatan mampatan	119
5.3	Pekali hubungan linear di antara serapan kapilari air dan kekuatan tegangan	121
5.4	Jadual analisis ANOVA dua hala bagi kekuatan mampatan	122
5.5	Jadual analisis ANOVA dua hala bagi kekuatan tegangan	124
5.6	Jadual analisis ANOVA dua hala bagi serapan kapilari air	126
5.7	Rumusan hipotesis dan hasil analisis korelasi	128
5.8	Rumusan hipotesis dan hasil analisis signifikan	129

SENARAI RAJAH

2.1	17 matlamat SDGs (Feiring et al., 2015)	11
2.2	Enam tonggak RMK-11 (Jabatan Penerangan Malaysia, 2016)	12
2.3	Ligamen kulit kupang (Kohl, 2014)	24
2.4	Kupang saling melekat di tali yang diikat pada tiang (Ibrahim , 2018)	25
2.5	a) <i>Mytilus Edulis</i> , b) <i>Perna perna</i> c) <i>Perna Veridis</i>	26
2.6	Kupang dari spesies <i>Perna Veridis</i>	27
2.7	Mikrostruktur permukaan atas kulit kupang (Garcia et al., 2019)	31
2.8	Mikrostruktur permukaan dalam kulit kupang (Garcia et al., 2019)	32
2.9	Struktur lapisan kulit kupang (Marin et al., 2012)	32
2.10	Timbunan sisa kulit kupang	33
2.11	Keputusan kekuatan mampatan konkrit yang mengandungi peratus tiram yang berbeza (Kuo et al., 2013)	37
2.12	Keputusan kekuatan mampatan konkrit campuran kulit kupang dengan peratus yang berbeza (Razali et al., 2017)	39
2.13	Imej TEM bagi bio dan geo (CaCO_3) dan simen Portland biasa (Wang et al., 2019)	40
2.14	Serapan kapilari konkrit campuran kulit kupang bagi peratus yang berbeza (Razali et al., 2017)	43
2.15	Imej SEM bagi gipsium dan ettringite (Razali, 2014)	45
2.16	Imej SEM gipsium dan ettringite (Aye et al., 2010)	45
2.17	Imej SEM kalsium silika atau CSH gel a) (Li et al., 2015) dan b) (Demir et al., 2017)	46
2.18	Imej SEM kalsium hidroksida (Thomas & Jennings, 2009)	47
2.19	Imej SEM kalsium karbonat (Razali, 2014)	48
2.20	Profil XRD kulit tiram (Djubo et al., 2016)	49
2.21	Profil XRD kulit kupang (Garcia et al., 2019)	50
2.22	Profil XRD untuk beberapa jenis moluska	

(Sophia & Sakthieswaran, 2019)	51
3.1 Kerangka metodologi kajian	55
3.2 Proses pengeringan kulit kupang	57
3.3 Proses menghasilkan abu kulit kupang	58
3.4 Tangki pengawetan	62
3.5 Mesin serakan saiz partikel berserta paparan proses pergerakan sampel yang dianalisis daripada perisian (The Particle Expert).	64
3.6 Analisis saiz partikel model CILAS 1180 berserta kebuk ultrabunyi	65
3.7 Radas ujikaji graviti tentu	66
3.8 Sampel yang simen Portland biasa dan abu kulit kupang	68
3.9 Alat Vicat	69
3.10 Radas penyediaan sampel yang digunakan di dalam ujikaji XRD	70
3.11 Sampel dipadatkan menggunakan slaid mikroskop	71
3.12 Alat pembelauan sinar x-Ray, tempat meletak sampel dan hasil dijana melalui perisian	72
3.13 Proses ujikaji morfologi partikel	73
3.14 Mesin <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	74
3.15 Proses penyalutan sampel menggunakan titanium	74
3.16 Sampel yang telah diletak pelekat karbon	75
3.17 Alat radas ujikaji penurunan	76
3.18 Mesin ujikaji kekuatan mampatan	77
3.19 Sampel sedang diuji untuk mendapatkan nilai kekuatan tegangan	78
3.20 Ujikaji serapan kapilari air	79
3.21 Aras keyakinan 95% dan aras signifikan 5% (Talib, 2015)	82
4.1 Serakan saiz partikel simen Portland biasa dan abu kulit kupang	90
4.2 a) Profil XRD simen Portland biasa dan b) Senarai puncak keamatan simen Portland biasa	92
4.3 a) Profil XRD abu kulit kupang dan b) Senarai puncak keamatan abu kulit kupang	93
4.4 a) Profil XRD simen campuran abu 1% dan b) Senarai puncak keamatan simen campuran abu 1%	94
4.5 a) Profil XRD simen campuran abu 2% dan b) Senarai puncak keamatan simen campuran abu 2%	95
4.6 a) Profil XRD simen campuran abu 3% dan b) Senarai puncak	

	keamatan simen campuran abu 3%	96
4.7	a) Profil XRD simen campuran abu 4% dan b) Senarai puncak keamatan simen campuran abu 4%	97
4.8	Imej morfologi struktur KCA1 pada usia pengawetan 7 hari	100
4.9	Imej morfologi struktur KCA3 pada usia pengawetan 7 hari	101
4.10	Imej morfologi struktur KCA1 pada usia pengawetan 28 hari	102
4.11	Imej morfologi struktur KCA2 pada usia pengawetan 28 hari	102
4.12	Imej morfologi KCA3 pada usia pengawetan 28 hari	103
4.13	Imej morfologi struktur KCA4 pada usia pengawetan 28 hari	103
4.14	Imej morfologi KCA2 pada usia pengawetan 60 hari	104
4.15	Imej morfologi KCA3 pada usia pengawetan 60 hari	104
4.16	Imej morfologi KCA4 pada usia pengawetan 60 hari	105
4.17	Antara runtuh jenis sebenar yang diperolehi	107
4.18	Kekuatan mampatan konkrit kawalan dan konkrit mengandungi abu kulit kupang	109
4.19	Kekuatan tegangan konkrit kawalan dan konkrit mengandungi abu kulit kupang	111
4.20	Serapan kapilari air konkrit kawalan dan konkrit mengandungi abu kulit kupang	113
5.1	Hubungkait antara kekuatan mampatan dan tegangan	117
5.2	Hubungkait antara kekuatan mampatan dan serapan kapilari air	119
5.3	Hubungkait antara kekuatan tegangan dan serapan kapilari air	120

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

°C	-	Darjah Celsius
g	-	Gram
Kg	-	Kilogram
m	-	Meter
mm	-	Milimeter
MPa	-	Megapaskal
ρ	-	Ketumpatan
μ	-	Micron
\varnothing	-	Diameter
%	-	Peratusan
ASTM	-	<i>American Standard Test Method</i>
BS	-	<i>British Standard</i>
DoE	-	<i>Design of Engineering</i>
RMK-11	-	Rancangan Malaysia Kesebelas
SDGs	-	<i>Sustainable Development Goals</i>

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	JUDUL	HALAMAN
A	<i>Design of Experiment</i>	60
B	Serakan saiz partikel	88
C	SPSS	121



PTTA UTHM
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar belakang kajian

Sustainable Development Goals (SDGs) yang merupakan agenda global mempunyai beberapa matlamat yang perlu dicapai menjelang tahun 2030 oleh semua negara bangsa. Pembinaan yang mampan, pengurusan lestari dan mengurangkan pengeluaran bahan buangan adalah di antara matlamat SDGs yang telah dipersetujui (Feiring *et al.*, 2015). Dalam masa yang sama, Rancangan Malaysia Kesebelas (RMK-11) bagi penggal 2018-2020 telah menjadikan pertumbuhan hijau sebagai anjakan penting dalam mencoraki pembangunan sosioekonomi negara melalui peningkatan keupayaan dan kemampuan inovasi teknologi hijau dalam industri pembinaan (Berita Harian, 2018).

Secara kritis, RMK-11 adalah sejajar dengan SDGs dengan memulakan laluan kepada pembinaan berkonsepkan teknologi hijau dan pembangunan mampan sehingga ke tahun 2030. Kelebihan mengaplikasikan konsep teknologi hijau dalam pembinaan ialah mengurangkan kesan terhadap alam sekitar dan kesihatan manusia dengan mengurangkan pembuangan sampah, menghindari pencemaran dan mengelakkan kemusnahan alam sekitar.

Di Malaysia, kebanyakan pembinaan menggunakan konkrit sebagai medium utama di dalam pembinaan pada masa kini kerana ciri-cirnya seperti tahan lasak, mudah dibentuk dan kos efektif. Selain daripada melihat pengaplikasian konsep bina hijau ini terhadap bahan binaan, konkrit yang lebih bermutu juga perlu dihasilkan kerana untuk mencapai keperluan struktur yang semakin canggih dan mencabar. Konkrit yang lebih bermutu dapat dihasilkan dengan penggabungan penggunaan bahan gantian dan bahan tambah di dalam konkrit. Namun begitu, kini penggunaan

bahan binaan daripada sumber asli dan sisa buangan adalah alternatif ke arah merealisasikan konsep binaan hijau dan konkrit yang bermutu.

Kebelakangan ini, perkembangan penyelidikan terhadap penggunaan bahan buangan di dalam bahan pembinaan adalah semakin meningkat. Terdapat beberapa penyelidikan yang memfokuskan kepada bahan binaan lestari dan berusaha untuk mempelbagaikan sumber bahan tambah dan penggantian di dalam bahan binaan. Antaranya ialah penggunaan abu sekam padi sebagai bahan gantikan separa simen (Krishna, Sandeep & Mini., 2016), pengaruh sisa industri terhadap gantikan agregat (Dash, Patro & Rath., 2016), penyelidikan penggunaan sisa pembinaan daripada sisa runtuh konkrit, plastik dan gelas sebagai gantikan agregat (Batayneh, Mari & Asi., 2007) dan penyelidikan abu terbang serat tempurung kelapa sebagai bahan tambah di dalam konkrit (Ahirwar, Chandarul & Singh., 2017).

Walaupun penyelidikan ini menggunakan bahan berasaskan bahan buangan yang mampu mencapai kelestarian, namun ia masih mempunyai pelbagai kekurangan yang merencatkan kemajuan penghasilan bahan binaan lestari. Contohnya, penggunaan beberapa sisa buangan sebagai bahan gantikan dihasilkan untuk mengurangkan pelepasan gas karbon dioksida akan tetapi ia masih melepaskan gas walaupun dalam kuantiti sedikit kerana penggunaan bahan sisa buangan yang perlu menjalani pembakaran sebelum digantikan di dalam konkrit (Husain, 2015).

Sisa buangan ditakrifkan kepada sebarang bahan sekerap atau lebih yang tidak diperlukan hasil daripada penggunaan sebarang proses (Daud *et al.*, 2013). Terdapat pelbagai kategori sisa pepejal antaranya sisa pepejal isi rumah, import, komersial, pembinaan, perindustrian dan pepejal awam. Sisa pepejal perindustrian sebenarnya merangkumi sisa yang terhasil dari sebarang aktiviti yang dilakukan oleh perindustrian yang berpunca daripada industri fabrik, buatan makanan, industri ringan dan berat. Industri buatan makanan adalah termasuk pembuatan makanan berasaskan kupang yang sangat sinonim di negeri Johor.

Penternakan kupang adalah sangat popular di negeri Johor sehingga kerajaan sanggup membiayai kos pembinaan rakit bernilai RM 1 juta di kawasan perkampungan yang terpilih, (Hussin *et al.*, 2015). Terdapat 19 pengusaha kupang yang meraih hampir 100kg kupang setiap bulan di Kampung Sungai Melayu. Kupang dijadikan sebagai antara medium utama ekonomi adalah kerana kupang mampu mengawal diri sendiri yang tidak memerlukan makan tambahan dan penjagaan minima tidak seperti penternakan akuakultur yang lain seperti udang dan ikan (Tan &

Ransangan, 2016). Hasil daripada tinjauan, selain daripada aktiviti pemprosesan makanan dijadikan keropok, belacan, makanan kering berasaskan kupang sebagai produk utama mereka, kupang juga dijual sebagai hidangan makanan laut (Kamaruzaman, 2015).

Penyelidikan berasaskan kulit kupang telah dijalankan seperti penggunaan kulit kupang ditukar kepada β -tricalcium fosfat (Shavandi *et al.*, 2015), kulit kupang ditukar kepada kalsium oksida sebagai bahan implan (Sari & Yusuf, 2018), kulit kupang sebagai gantian separa simen (Lejano & Gagan, 2017)(Razali *et al.*, 2017) dan kulit kupang sebagai gantian agregat halus (Garcia *et al.*, 2017) dan simen (Garcia *et al.*, 2019). Terdapat beberapa potensi penggantian sisa akuakultur ini di dalam konkrit, namun kekuatan konkrit tidak dapat menandingi konkrit normal kerana pengurangan kuantiti simen dan pasir menyebabkan kekuatan konkrit berkurang tetapi masih mencapai kekuatan sasaran.

Terdapat penyelidikan awal yang mendapati kalsium karbonat, CaCO_3 yang tinggi terkandung di dalam komposisi kimia kulit kupang sebanyak (>90%) hampir menandingi kandungan kalsium oksida di dalam simen Portland biasa (Lejano & Gagan, 2017) (Mo *et al.*, 2018). Struktur kristal yang terdapat dalam kulit kupang mempunyai kandungan aragonit dan kalsit di mana ia menyumbang kepada kekuatan dan kepadatan lebih tinggi daripada komposisi di dalam batu kapur (Lertwattanaruk, Makul & Siripattaraprat., 2012). Ini menunjukkan beberapa ciri yang baik mengenai kulit kupang dapat dikenal pasti.

Sekaligus, sisa kulit kupang yang dihasilkan melalui pemprosesan makanan ini adalah tidak digunakan dan boleh dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam konkrit. Penggunaan bahan buangan ini sebenarnya adalah penyelesaian separa terhadap masalah pencemaran dan gangguan ekologi (Sophia & Sakthieswaran, 2019). Dalam pada itu, penggunaan bahan buangan bukan sahaja dapat membantu di dalam masalah persekitaran akan tetapi penggunaan ini dapat meningkatkan mikrostruktur, mekanikal dan sifat ketahanan konkrit itu sendiri (Siddique, 2008). Penghasilan bahan gantian dan bahan tambah berasaskan sisa industri, sisa binaan, sisa agrikultur dan pelbagai sisa merencatkan peningkatan kekuatan dan ketahanan konkritnya. Penyelesaian adalah beralih ke bahan tambah berasaskan sisa akuakultur. Selaras dengan itu, penyelidikan ini memfokuskan potensi bahan binaan berasaskan abu kulit kupang sebagai bahan tambah di dalam konkrit adalah salah satu cara untuk mencapai pembangunan

mampan dalam industri pembinaan dengan ketara mengurangkan pengumpulan bahan buangan serta memadankan kriteria ekologi, ekonomi dan reka bentuk.

1.2 Pernyataan masalah

Tidak dapat dinafikan sejak akhir ini, bidang pembinaan semakin berkembang kerana ia ke arah pembinaan berunsurkan kelestarian di samping mencari alternatif untuk meningkatkan prestasi konkrit itu sendiri. Walaubagaimanapun, terdapat beberapa permasalahan yang timbul di dalam penyelidikan menggunakan bahan gantian atau bahan tambah sebagai alternatif di dalam konkrit.

Misalnya, penggunaan bahan binaan berasaskan sisa buangan sebenarnya perlu mengambil kira kekuatan dan ketahanan konkrit itu setelah dihasilkan. Kajian penggunaan kulit kupang di dalam konkrit telah dikaji sebelum ini. Kupang (*Perna virindis*) dikaji sebagai gantian separa simen (Gagan *et al.*, 2016), dan gantian separa simen (Razali *et al.* 2017) dan gantian agregat García *et al.* (2017). Penggunaan sisa kulit kupang pada kajian terdahulu tidak menunjukkan keputusan yang boleh melebihi kekuatan mampatan sasaran mungkin disebabkan jenis moluska yang digunakan.

Selain itu, penggunaan pelbagai jenis moluska yang tidak mempunyai komposisi kimia yang memberikan kelebihan pada strukturnya juga menyebabkan perspektif kejuruteraan seperti kekuatan dan keupayaan konkrit tidak dapat dicapai. Terdapat pelbagai jenis moluska atau dikenali sebagai kerang-kerangan di perairan Asia seperti kepah, kerang, kupang, lala, kekapis, lokan dan sebagainya. Namun begitu, kupang mempunyai kandungan kalsium karbonat lebih tinggi 87.2 berbanding dengan tiram 53.6% (Lertwattanakul *et al.*, 2012), kulit kerang 51.6% dan kulit kepah 67.7% (Olivia, Mifshella & Darmayanti., 2017). Kalsium karbonat mempunyai similariti dengan kandungan batu kapur yang digunakan di dalam pembuatan simen Portland biasa.

Seterusnya, saiz partikel dan peratus campuran memainkan peranan yang penting di dalam mendapatkan konkrit berkeupayaan tinggi. Saiz partikel yang lebih halus memberi kelebihan di dalam konkrit berbanding saiz partikel yang kasar. Dalam pada itu, penyelidikan terdahulu menggunakan peratusan sebagai bahan tambah yang terlalu tinggi yang menyebabkan keupayaan konkrit sukar di capai kerana had limit yang dibenarkan adalah sehingga 5% penambahan bahan tambah.

Isu sekunder ialah permasalahan daripada persekitaran yang berpunca daripada sisa akuakultur yang dijana tidak ditadbir dengan sistematik. Hasil pengeluaran kupang semakin meningkat akibat daripada permintaan yang tinggi daripada industri makanan seperti pemprosesan makanan. Merujuk kepada statistik Jabatan Perikanan Malaysia, hasil pengeluaran siput sudu atau nama lainnya kulit kupang adalah sebanyak 2,274.29 tan metrik pada tahun 2017 (Jabatan Perikanan Malaysia, 2018). Hasil tinjauan di suatu kawasan di Sungai Danga, Johor, penternakan kupang dan pembuatan makanan daripada kupang menunjukkan kulit kupang dibuang begitu sahaja tanpa ada pengurusan sisa pepejal yang sistematik dan mengakibatkan bau busuk serta juga kehadiran lalat.

Kulit kupang mengambil masa yang lama untuk mengalami proses pereputan dan menyebabkan ia menjadi punca beberapa pencemaran persekitaran yang berlaku seperti pencemaran udara, pencemaran bau dan pencemaran sisa pepejal (Othman *et al.*, 2013) (Barbachi *et al.*, 2017). Lanjutan daripada itu, di komuniti Bakar Batu, Johor sisa kulit cangkerang yang berlonggok terbiar di pinggir sungai. Jika perkara ini berterusan berlaku, tidak mustahil kawasan itu akan membentuk longgokan sisa kulit kupang yang mencemarkan pandangan. Sisa akuakultur dianggap tidak diingini kerana mereka bertindak sebagai tempat pembiakan bagi mikro organisma dan menimbulkan bau yang kurang menyenangkan serta menjejaskan persekitaran hidup yang sihat (Sophia & Sakthieswaran, 2019).

Berdasarkan permasalahan di atas, menunjukkan bahawa terdapat pelbagai penyelidikan sisa buangan menggunakan sisa moluska tetapi terdapat beberapa kekurangan daripada segi ciri fizikal dan keupayaan mekanikalnya serta sehingga kini, tidak terdapat kajian yang dijalankan secara mendalam berasaskan abu kulit kupang sebagai bahan tambah di dalam konkrit. Maka penyelidikan ini memfokuskan meningkatkan nilai abu kulit kupang dengan menjadikan ia sebagai bahan tambah di dalam konkrit.

1.3 Objektif kajian

Objektif kajian yang dijalankan adalah seperti berikut :

- i. Mengenalpasti sifat-sifat fizikal dan kimia abu kulit kupang sebagai bahan tambah dalam konkrit.
- ii. Mengkaji ciri-ciri fizikal dan keupayaan mekanikal bagi konkrit campuran abu kulit kupang sebagai bahan tambah dalam konkrit.
- iii. Menentukan hubungkait kekuatan konkrit campuran abu kulit kupang dengan menggunakan analisis signifikan dan korelasi.

1.4 Skop kajian

Penyelidikan ini memfokuskan abu kulit kupang sebagai bahan tambah dalam konkrit. Rekabentuk campuran percubaan konkrit normal dilakukan pada usia 28 hari dengan sasaran kekuatan mampatan minimum 30 MPa. Berdasarkan kepada rekabentuk campuran tersebut, abu kulit kupang digunakan sebagai bahan tambah dengan mengaplikasikan nilai peratusan sebanyak 1%, 2%, 3% dan 4% mengikut isipadu konkrit. Persediaan bahan mentah bagi menghasilkan abu kulit kupang adalah dimulakan dengan proses menghasilkan abu iaitu pengeringan, pengisaran, penghancuran dan ayakan melepasi 75 μ m.

Penyelidikan ini dijalankan dengan mengkaji sifat-sifat fizikal abu kulit dan simen Portland biasa yang merangkumi graviti tentu, masa pengerasan dan serakan saiz partikel. Selain daripada itu, struktur kristal dan analisis struktur morfologi partikel abu kulit kupang dan simen Portland biasa juga ditentukan. Lanjutan dari itu, sifat-sifat konkrit seperti kekuatan mampatan, tegangan pemisah dan kadar serapan kapilari air selepas melalui tempoh pengawetan.

Pengawetan dari 7 hari, 28 hari dan 60 hari ditentukan terhadap campuran konkrit normal (kawalan) dan konkrit campuran abu kulit kupang. Hasil dapatan daripada penyelidikan, dianalisis menggunakan Excel menentukan hubungkait setiap jenis ujikaji seperti kekuatan mampatan, kekuatan tegangan dan serapan kapilari air. Bagi analisis signifikan pula untuk mengesahkan ujikaji makmal kerana sampel yang diperolehi adalah terlalu kecil dan terdapat perbezaan pada nilai setiap ujikaji makmal.

1.5 Kepentingan kajian

Kulit kupang merupakan bahan buangan yang tidak dipedulikan dan dijana dengan baik. Di dalam perkembangan industri pembinaan, sebelum ini penyelidikan yang telah dijalankan adalah sebagai bahan gantikan separa simen dan agregat halus. Maka, penyelidikan ini adalah satu usaha menghasilkan bahan binaan berasaskan sisa buangan. Penggunaan abu kulit kupang sebagai bahan tambah di dalam konkrit perlu didasarkan kepada sifat fizikal dan keupayaan mekanikalnya. Inilah yang dijadikan sebagai objektif kajian iaitu mengkaji sejauh mana potensi abu kulit kupang di dalam meningkatkan prestasi dan ciri-ciri konkrit seperti kekuatan mampatan, kekuatan tegangan dan serapan kapilari air.

Pertama, hasil penyelidikan ini dapat meningkatkan prestasi abu kulit kupang itu sendiri di samping mempelbagaikan kegunaannya dalam pembinaan selain daripada menjadi sisa buangan. Penggunaannya di dalam pembinaan diharapkan dapat meningkatkan kekuatan dan menambah ketahanan lasakan konkrit.

Kedua, kajian ini antara kemajuan yang dapat dipraktikkan untuk negara di dalam pengaplikasian teknologi hijau kepada pembinaan yang merupakan antara matlamat SDGs dan RMK-11. Matlamat SDGs dan RMK-11 sebenarnya adalah serampang dua mata kerana selain daripada pencapaian terbaik negara malah ia juga memberi manfaat kepada masyarakat terutama individu yang tinggal di Malaysia. Misalnya, melalui pembangunan yang berstrategi teknologi hijau (matlamat RMK-11) dan juga membina infrastruktur berdaya tahan (matlamat SDGs) ia bakal menjamin kesejahteraan rakyat (matlamat RMK-11) dengan pengurangan bahan buangan melalui penggalakan guna semula (matlamat SDGs).

Seterusnya, kepentingan penyelidikan ini adalah kepada komuniti yang menjalankan industri pembuatan makanan menggalakkan pertumbuhan ekonomi mereka di samping penjaan sisa akuakultur yang lebih sistematik. Sisa akuakultur tidak lagi dibiarkan berlonggok dan membusut tanpa pengurusan yang cekap membantu kerajaan menyelesaikan permasalahan yang berlaku. Walaupun penggunaannya kepada kemajuan konkrit adalah sedikit tetapi masih terdapat pengurangan sisa akuakultur.

Selain itu, kajian ini juga diharapkan dapat membantu dan memberi manfaat terhadap industri pembuatan konkrit, pembekal bahan dan kontraktor di dalam melakukan perubahan kepada industri pembinaan. Misalnya, kontraktor boleh

RUJUKAN

- Ahirwar, S. K., Chandraul, P. K., & Singh, P. M. K. (2017). Experimental study on concrete using fly ash and coconut coir fiber. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(6), pp.2381-2385.
- Al-Barwani, S., Arshad, A., & Amin, S. M. N. (2011). *Reproductive Biology of Green Mussel Perna viridis (Linnaeus 1758)*. LAP LAmber Academic Publishing.
- Ali, M., Abdullah, M. S., & Saad, S. A. (2015). Effect of calcium carbonate replacement on workability and mechanical strength of Portland cement concrete. *Advanced Materials Research*, 1115, pp.137-141.
- American Society for Testing and Materials (2014). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. (2014). ASTM International, West Conshohocken: ASTM C188-14.
- Apte, S., Star, B., & Gardner, J. P. A. (2003). A comparison of genetic diversity between cultured and wild populations, and a test for genetic introgression in the New Zealand greenshell mussel *Perna canaliculus* (Gmelin 1791). *Aquaculture*, 219(1-4), pp.193-220.
- Ariyanto, A., Syahroni, S. T., & Endri. (2013). Pengaruh penambahan cangkang siput sudu atau kupang. *Journal Skripsi Endri*, 1(1).
- Aye, T., Oguchi, C. T., & Takaya, Y. (2010). Evaluation of sulfate resistance of Portland and high alumina cement mortars using hardness test. *Construction and Building Materials*, 24, pp.1020-1026.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.11.016>
- Ballester, P., Mármol, I., Morales, J., & Sánchez, L. (2007). Use of limestone obtained from waste of the mussel cannery industry for the production of mortars. *Cement and Concrete Research*, 37(4), pp.559-564.

- Barbachi, M., Imad, A., Jeffali, F., Boudjellal, K., & Bouabaz, M. (2017). Physical characterization of sea shell for a concrete formulation. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(1), pp.332-337.
- Batayneh, M., Marie, I., & Asi, I. (2007). Use of selected waste materials in concrete mixes. *Waste Management*, 27, pp.1870–1876.
- Berita Harian. (2018). Teks ucapan penuh Kajian Separuh Penggal RMK-11 2016-2020. *Berita Harian*. Retrieved from January 12, 2018
<https://www.bharian.com.my/berita/nasional/2018/10/487719/teks-ucapan-penuh-kajian-separuh-penggal-rmk-11-2016-2020>
- Binag, N. H. D. (2018). Utilization of Shell Wastes for Locally-Based Cement Mortar and Bricks Production : Its Impact to the Community. In *International Research Conference on Higher Education* (Vol. 2018, p. pp.1005-1025). KnE Social Sciences.
- British Standard Institution. (2000). Specification of Portland cement. United Kingdom : BS EN 197-1:2000.
- British Standard Institution. (2005a). Methods of testing cement. Determination of setting times and soundness. United Kingdom: BS EN196-3:2005.
- British Standard Institution. (2005b). Non-destructive testing. X-ray diffraction from polycrystalline and amorphous materials. Instruments. United Kingdom : BS EN 13925-3:2005.
- British Standard Institution. (2009a). Particle size analysis. Laser diffraction methods. United Kingdom: BS ISO 13320:2009.
- British Standard Institution. (2009b). Testing fresh concrete. Slump-test. United Kingdom : BS EN 12350-2:2009.
- British Standard Institution. (2009c). Testing hardened concrete. Compressive strength of test specimens. United Kingdom : BS EN 12390-3:2009.
- British Standard Institution. (2009d). Testing hardened concrete. Tensile splitting strength of test specimens. United Kingdom : BS EN 12390-6:2009.

- British Standard Institution. (2013). Specification for aggregates from natural sources for concrete. United Kingdom: BS EN 12620:2013.
- Chen, J. J., Kwan, A. K. H., & Jiang, Y. (2014). Adding limestone fines as cement paste replacement to reduce water permeability and sorptivity of concrete. *Construction and Building Materials*, 56, 87–93.
- Cheng, Y., You, W., Zhang, C., Li, H., & Hu, J. (2013). The implementation of waste sawdust in concrete. *Engineering*, 5(December), 943–947.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.941-944.849>
- CILAS. Choosing the most Suitable Theory in Laser Diffraction Mie or Fraunhofer ? Retrieved Mei 23, 2018 from <http://www.bruben.com.ar/pdf/Aplicaciones/013->
- Dash, M. K., Patro, S. K., & Rath, A. K. (2016). Sustainable use of industrial-waste as partial replacement of fine aggregate for preparation of concrete. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5, pp.484–516.
- Daud, Z., Mohd Hatta, M. Z., Mohd Kassim, A. S., & Aripin Mohd, A. (2013). Suitability of Malaysia's Pineapple Leaf and Napier Grass as a Fiber Substitution for Paper Making Industry. In *EnCon 2013, 6th Engineering Conference, "Energy and Environment"* (pp.1-4). Kuching Sarawak.
- Demir, I., Guzelkucuk, S., Sevim, O., Filazi, A., & Sengul, C. G. (2017). Examination of Microstructure of Fly Ash in Cement Mortar. In *Proceedings of The IRES International Conference, Lisbon, Portugal*, pp.11-13.
- Djobo, Y. J. N., Elimbi, A., Manga, J. D., & Ndjock, I. B. D. L. (2016). Partial replacement of volcanic ash by bauxite and calcined oyster shell in the synthesis of volcanic ash-based geopolymers. *Construction and Building Materials*, 113, pp.673-681.
- Etuk, B. R., Etuk, I. F., & Asuquo, L. O. (2012). Feasibility of using sea shells ash as admixtures for concrete. *Journal of Environmental Science and Engineering*, 1, pp.121-127.
- Eziefula, U. G., Ezech, J. C., & Eziefule, B. I. (2018). Properties of seashell aggregate concrete : A review. *Construction and Building Materials*, 192, pp.287-300.

- Feiring, B., Nolle, L., Carling, J., & Wattimena, P. (2015). Leaving No One Behind. Retrieved July 5, 2019 from https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2754713_July_PM_2_Leaving_no_one_behind_Summary_from_UN_Committee_for_Development_Policy.pdf
- Filho, A. N., Jose, J. L. F. de, Gouveia, V. J. P., Carvalho, M. D. de, & Cardoso, A. V. (2014). Polymorphism of CaCO₃ and microstructure of the shell of a Brazilian invasive mollusc (*Limnoperna fortunei*). *Material Research*, 17.
- Gagan, J., & Lejano, B. (2016). Evaluation of the effects of green mussel shells as partial cement substitute to the properties of concrete. *DLSU Research Congress*, 4, pp.5-10.
- Gambhir, M. L. (2009). *Concrete Technology* (4th ed). Tata McGraw Hill Education Private Limited.
- Gambhir, M. L. (2013). *Concrete Technology Theory and Practice* (5th ed). McGraw Hill Education (India) Private Limited.
- Garcia, C. M., Abella, F. M., Fonteboa, B. G., & Lopez, D. C. (2019). *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete* (1st ed). Woodhead Publishing.
- Garcia, M. C., Gonzalez-fonteboa, B., Lopez, D. C., & Martinez-abella, F. (2019). Impact of mussel shell aggregates on air lime mortars. Pore structure and carbonation. *Journal of Cleaner Production*, 215(1), pp. 650–668.
- Garcia, M. C., Gonzalez-fonteboa, B., Martinez-abella, F., & Lopez, D. C. (2017). Virtual special issue bio based building materials performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. *Construction and Building Materials*, 139(2017), pp.570-583.
- Gosling, E. (2003). *Bivalve Molluscs* (1st ed). Blackweel Publishing.
- Gunasingh, J. M., Azariah, J., Nandakumar, K., Sameul, J. K., Satpathy, K. K., & Nair, K. V. K. (2001). Excretory products of green mussel *Perna viridis* L. and their implications on power plant operation. *Turkish Journal of Zoology*, 25(2), pp.117-125.

- Hall, C., & Hoff, W. D. (2012). *Water Transport in Brick , Stone and Concrete* (2nd ed). Spoon Press imprint of Taylor & Francis.
- Hamester, M. R. R., Balzer, P. S., & Becker, D. (2012). Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene. *Materials Research*, 15(2), pp.204-208.
- Hanlon, B., & Larget, B. (2011). Correlation Lion Example Lion Data Scatter Plot Observations Correlation. Retrieved January 27, 2019, from <https://www.coursehero.com/file/8608604/14-correlation-1/>
- Hatta, M. Z. M. (2014). *Investigation of Organic Composition of Potential Plants as Alternative Fiber in Paper Making Industry*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Ph.d. Thesis.
- Hewlett, P., & Liska, M. (2019). *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* (5th ed). Elsevier Ltd. All.
- Hisham, N. ., Razali, N., & Razali, N. (2017). Utilization of cockle shells as partial binder replacement in concrete. *Journal of Engineering and Technology*, 8(7).
- Husain, A. H. (2015). *The Mechanical & Durability Performance of Concrete Containing Waste Concrete Ash as Cement Replacement Materials*. Univerisiti Sains Malaysia. Ph.d. Thesis
- Hussin, M., & Kamaruzaman, N. H. (2015). Tak perlu jagaan rapi. *Harian Metro*. Retrieved January 12, 2018 from <https://www.hmetro.com.my/node/90392>
- Ibrahim, N. (2015). Penternak kupang terima permit, lesen sistem kultur laut (SKL). *Buletin Perikanan*, mukasurat 6. Retrieved January 12, 2018 from [https://www.dof.gov.my/dof2/resources/auto download images/570c5eb469e47.pdf](https://www.dof.gov.my/dof2/resources/auto%20download%20images/570c5eb469e47.pdf)
- Ibrahim, R. (2018). Kupang Bergayutan. *Berita Harian*. Retrieved January 12, 2018 from <https://www.hmetro.com.my/agro/2018/03/319688/kupang-bergayutan>
- Jayaraman, A., Senthilkumar, V., & Saravanan, M. (2014). Compressive and tensile strength of concrete using lateritic sand and lime stone filler as fine aggregate. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(1), pp.2321-2328.

Jabatan Penerangan Malaysia (2016). Rancangan Malaysia Kesebelas(RMK-11).

Retrieved July 5, 2019 from

<http://pmr.penerangan.gov.my/index.php/penafian/19536-intipati-rancangan-malaysia-ke-11-rmk-11.html>

Jabatan Perikanan Malaysia. (2018). Statistik Pengeluaran Akuakultur Malaysia.

Retrieved September 16, 2017, from

https://www.dof.gov.my/dof2/resources/user_29/Documents/Perangkaan Perikanan/2016/Kumulatif.pdf

Jabatan Penerangan Malaysia. (2019). Keluaran Dalam Negeri Kasar Suku Tahun

Keempat 2018. Retrieved November 29, 2017, from

<https://www.dosm.gov.my/v1/index.php?r=column/pdfPrev&id=dII0RUxjVDFrQW1URG1aZ2tkRzNadz09>

Kamaruzaman, N. H. (2015). Kerepok Kupang. *Harian Metro*. Retrieved November

3, 2017 from <https://www.hmetro.com.my/node/84743>

Khalid, F. S. (2015). *Engineering Properties of Ring Shaded Polythelyene*

Terephthalate (RPET) Fiber Self-compacting Concrete. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.Ph.D Thesis

Kim, J. H., & Lee, S.-H. (2004). Application of High Performance Concrete in

Petronas Twin Tower , KLCC. In *CTBUH 2004 Seoul Conference*,pp. 457–464. Seoul Korea.

Kohl, M. (2014). Mussels and clams (Bivalvia). Retrieved November 17, 2017, from

<http://www.molluscs.at/bivalvia/index.html?/bivalvia/main.html>

Kosmo. (2016). “Smart line” mampu tingkatkan hasil ternakan kupang. *Kosmo*.

Retrieved November 3, 2017 from

http://ww1.kosmo.com.my/kosmo/content.asp?y=2016&dt=0315&pub=Kosmo&sec=Terkini&pg=bt_30.htm

Krishna, N. K., Sandeep, S., & Mini, K. M. (2016). Study on Concrete with Partial

Replacement of Cement by Rice Husk Ash. In *IOP Conference Series:*

Materials Science and Engineering, pp.1-11. Bangolore India: IOP

- Kuo, W., Wang, H., Shu, C., & Su, D. (2013). Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. *Construction and Building Materials*, 46, pp.128-133.
- Lejano, B. A., & Gagan, J. L. (2017). Optimization of compressive strength of concrete with green mussel shell as partial cement substitute. *International Journal of GEOMATE*, 12(31), pp.37-44.
- Lertwattanakul, P., Makul, N., & Siripattarapivat, C. (2012). Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. *Journal of Environmental Engineering*, 111, pp.133-141.
- Li, G., Xu, X., Chen, E., Fan, J., & Xiong, G. (2015). Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash. *Journal of Cleaner Production*, 91, pp.279-287.
- Luz, A. P., & Pandolfelli, V. C. (2012). CaCO₃ addition effect on the hydration and mechanical strength evolution of calcium aluminate cement for endodontic applications. *Ceramics International*, 38, pp.1417-1425.
- Mageswari, M., Manoj, C. R., Siddharthan, M., Saravanan, T. P., & Princepatwa, G. (2016). To increase the strength of concrete by adding seashell as admixture. *International Journal of Advanced Research in Civil*, 2(2), pp.165-174.
- Mariani, Y. (2012). Chemical Composition of Pandanus Atrocapus Trunk as Fibre Alternative, pp.57-66.
- Marin, F., Marie, B., & Roy, N. Le. (2012). The formation and mineralization of mollusk shell. *Frontiers in Bioscience*, 4(3), pp.1099-1125.
- Martinez-Blanes, E. T. S., Perez-Rodriguez, J. L., SayaguéeJ., M. J., & Martinez-Blanes, M. . (2003). Calcite, vaterite and aragonite forming on cement hydration from liquid and gaseous phase. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 73(1), 247–269.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete Microstructure, Properties and Material* (4th ed). McGraw-Hill Education.
- Mishra, G. (2010). Determination of Specific Gravity of Cement and Its Importance. Retrieved August 18, 2018, from <https://theconstructor.org/practical-guide/determination-specific-gravity-cement-importance/2239/>

- Mo, K. H., Alengaram, U. J., Jumaat, M. Z., Lee, S. C., Goh, W. I., & Yuen, C. W. (2018). Recycling of seashell waste in concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 162, pp.751-764.
- Mosher, S., Cope, W. G., Weber, F. X., Shea, D., & Kwak, T. J. (2010). Effects of lead on Na⁺, K⁺-ATPase and hemolymph ion concentrations in the freshwater mussel *Elliptio complanata*. *Environmental Toxicology*, pp.268-276.
- Nagabhushana. (2015). Study on Properties of Concrete with different levels of Replacement of Cement by Fly Ash, pp. 1–5.
- Naik, T. R., Canpolat, F., & Chun, Y. (2003). *Limestone Powder use in Cement and Concrete*. Report No. CBU-2003-31.
- Neville, A. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed). Pearson Education Limited.
- Neville, A. ., & Brooks, J. . (2012). *Teknologi Konkrit* (1st ed). Pearson Education Limited.
- Ngo, K. S., Sarao, E. F., Talagtag, R. ., & Lejano, B. (2014). Utilization of *Perna viridis* as Partial Substitute to Cement in Concrete Mix. In *7th AEEC*. Philiphine: AUN-Seed Net.
- Nguyen, D. H., Boutouil, M., Sebaibi, N., Baraud, F., & Leleyter, L. (2017). Durability of pervious concrete using crushed seashells. *Concrete Sustainability Conference*, 135, pp.137–150.
- Nishida, A., Ohkawa, K., Ueda, I., & Yamamoto, H. (2003). Green mussel *Perna viridis* L.: Attachment behaviour and preparation of antifouling surfaces. *Biomolecular Engineering*, 20(4–6), pp.381-387.
- Olivia, M., Mifshella, A. A., & Darmayanti, L. (2015). Mechanical properties of seashell concrete. *Procedia Engineering*, 125, pp.760-764. Olivia, M., Oktaviani, R., & Ismeddiyanto. (2017). Properties of Concrete Containing Ground Waste Cockle and Clam Seashells, 5–10.
- Oloruntoba, S., Olusunle, O., Ezenwafor, T. C., Jiddah-kazeem, B. S., Kareem, A., & Akinribide, O. J. (2015). Effect of Organic Waste on Crystal Structure and Mechanical Properties of Concrete, (September), 427–434.

- Othman, N. H. (2014). *Kesan Abu Kulit Kerang (Anadara Granosa) sebagai Bahan Gantian Separa Simen terhadap Sifat Konkrit*. Universiti Sains Malaysia.Ph.D Thesis
- Othman, N. H., Bakar, B. H. A., Don, M. M., & Johari, M. A. M. (2013). Cockle shell as replacement cement and filler in concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 25(2), pp.201-211.
- Pallant, J. (2007). *Survival Manual SPSS*. McGraw-Hill Education.
- Paulus, W., Abdullah, N. E., S, M. Y. M., Ying, K. K., & Mahmoud, M. E. (2010). Penggunaan Teknik Belauan Sinar-X (XRD) Dalam Analisa Sampel Sisa Inustri dan Tenorm di Nuklear Malaysia. In *Proceeding of IMTEC 2010*. Kuching Sarawak.
- Pevelen, D. D. Le, Tranter, G. E., & Kingdom, U. (2017). *Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier B.V.
- Piaw, C. Y. (2009). *Statistik Penyelidikan Lanjutan*. McGraw-Hill Education (Malaysia) Sdn.Bhd.
- Portland Cement Association. (2001). Ettringite Formation and the Performance of Concrete. Retrieved April 2, 2019 from https://www.cement.org/docs/default-source/fc_concrete_technology/is417-ettringite-formation-and-the-performance-of-concrete.pdf?sfvrsn=412%26sfvrsn=412
- Rahman, N. A. (2015). Dilema Kupang. *Buletin Perikanan*, 9. Retrieved November 3,2018 from <https://www.dof.gov.my/dof2/resources/auto download images/570c5eb469e47.pdf>
- Rajagopal, S., Venugopalan, V. P., Van Der Velde, G., & Jenner, H. A. (2006). Greening of the coasts: A review of the Perna viridis success story. *Aquatic Ecology*, 40(3), pp.273-297.
- Razali, N. (2014). *Natural Hydraulic Lime Mortars for Use in High Temperature , High Humidity Climatic Conditions : Effect of Calcitic Fillers*. Heriot-Watt University.Ph.D Thesis

Razali, N., Aris, R. N. F. R., Razali, N., & Pa'ee, K. F. (2017). Revalorization of Aquaculture Waste: The Performance of Calcined Mussel Shells as Partial Cement Replacement. In *International Conference on Environmental Research and Technology* (pp. 375–381).

Razi, M. A. M., Al-Gheethi, A., & Ashikin, I. Z. A. (2018). Removal of Heavy Metals from Textile Wastewater Using Sugarcane Bagasse Activated Carbon. *International Journal of Engineering & Technology*, 7, 112–115.

Recommendations for Testing and use of Construction Materials. (1994). CPC 11.2 Absorption of water by capillarity. (1994). RILEM CPC 11.2.

Safi, B., Saidi, M., Daoui, A., Bellal, A., Mechekak, A., & Toumi, K. (2015). The use of seashells as a fine aggregate (by sand substitution) in self-compacting mortar (SCM). *Construction and Building Materials*, 78, pp.430-438.

Sahari, F., & Mijan, N. A. (2011). Cockle Shell as an alternative construction material for artificial reef.

Sari, M., & Yusuf, Y. (2018). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite based on Green Mussel Shells (*Perna viridis*) with Calcination Temperature Variation Using the Precipitation Method, 11(3), 357–370.

Seo, J. H., Park, S. M., Yang, B. J., & Jang, J. G. (2019). Calcined Oyster Shell Powder as an Expansive. *Materials*, 12, 1322.

Shavandi, A., Bekhit, A. E.-Di. A., Ali, A., Sun, Z., & Ratnayake, J. T. (2015). Microwave-assisted synthesis of high purity β -tricalcium phosphate crystalline powder from the waste of Green mussel shells (*Perna canaliculus*) _ Elsevier Enhanced Reader.pdf. *Powder Technology*, 273, pp.33–39.

Siddique, R. (2008). *Waste Material and By-Products in Concrete*. Springer Velag Berlin Heidelberg.

Siriprom, W., Kirdsiri, K., Kaewkhao, J., & Chumnavej, N. (2012). Structural and textural of marine mollusc shell. *Advanced Materials Research*, 506(4), pp.363-366.

Smith, E. (2012). *Advances of Cement and Concrete Technology*. Auris ReferenceLtd.,UK.

- Sofi, A. (2017). Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete - A review. *Ain Shams Engineering Journal*, pp.1–10.
- Som, H. M. (2005). *Panduan Mudah Analisis Data menggunakan SPSS Windows*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Somayaji, S. (2001). *Civil Engineering Material* (2nd editio). Prentice -Hall, Inc.
- Sophia, M., & Sakthieswaran, N. (2019). Synergistic effect of mineral admixture and bio-carbonate fillers on the physico-mechanical properties of gypsum plaster. *Construction and Building Materials*, 204, pp.419-439.
- Sreedevi, P. R., Uthayakumar, V., Jayakumar, R., & Ramasubramanian, V. (2014). Influence of rearing water temperature on induced gonadal development and spawning behaviour of tropical green mussel, *Perna viridis*. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3(3), pp.204-209.
- Suhani, N., Maya, R., Radin, S., & Awang, H. (2017). Feasibility of Banana (*Musa sapientum*) Trunk Biofibres for Treating Kitchen Key Words : *Nature Environment and Pollution Technology*, 16(4), pp.1205–1210.
- Taha, M., Ismail, M., Forouzani, P., Hassan, I. O., Samadi, M., & Seyed, M. S. (2015). Performance of a aerated concrete incoprating by product from agro industry in sulphuric acid. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 177(1), pp.170-177.
- Talib, O. (2015). *Analisis Data Kuantitatif untuk Penyelidik Muda* (4th ed). MPWS Rich Publication Sdn Bhd.
- Tan, K. S., & Rangsangan, J. (2015). Factors influence the larvae distribution and spat settlement of *Perna viridis* in Marudu Bay, Sabah, Malaysia. *Advances in Environmental Biology*, 9(17), pp.18-23.
- Tan, K. S., & Rangsangan, J. (2016). Feasibility of green mussel, *Perna viridis* farming in Marudu Bay, Malaysia. *Aquaculture Reports*, 4, pp.130-135.
- Teerawut, S., Arjpong, R., & Kwan-On, P. (2017). Microbiological and physical assessment of green mussel (*Perna viridis*) coated with green tea and ascorbic acid stored under modified atmosphere packaging. *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 22(2), pp.1-9.

Thomas, J., & Jennings, H. (2009). *The Science of Concrete*. Retrieved Mac 12,2019 from <http://www.itn.northwestern.edu/publications/utc/tea-21/fr-5-jennings-thomas.pdf>

Tosun, Y., & Sahin, R. (2015). Compressive Strength and Capillary Water Absorption of Concrete Containing Recycled Aggregate. *International Journal of Civil, Environment, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 9(8), pp.987–991.

Wang, H., Kuo, W., Lin, C., & Po-yo, C. (2013). Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. *Construction and Building Materials*, 41, pp. 532–537.

Wang, J., Liu, E., & Li, L. (2019). Characterization on the recycling of waste seashells with Portland cement towards sustainable cementitious materials. *Journal of Cleaner Production*, 220(5), pp.235-252.

Yahia, A., Tanimura, M., & Shimoyama, Y. (2005). Rheological properties of highly flowable mortar containing limestone filler-effect of powder content and W / C ratio. *Cement and Concrete Research*, 35, pp.532-539.

Zakaria, M. L. (2010). *Bahan dan Binaan* (4th ed.). Percetakan Dewan Bahasa dan Pustaka.